

(93) PRC (8+9) 径間連続2主桁桁橋 (阿賀野川西高架橋) の設計・施工

住友建設(株) 東京支店 土木部 ○片山 佳織
 日本道路公団北陸支社 構造技術課 菅 浩一
 日本道路公団北陸支社 新潟工事事務所 千国 博司
 住友建設(株) 東京支店 土木部 正会員 藤原 保久

1. はじめに

日本海沿岸東北自動車道阿賀野川西高架橋は、新潟市西北部に位置するPRC(8+9)径間連続2主桁桁橋である。本橋では、主方向、横方向ともにPRC構造を採用する事によって、経済性の向上を図っている。更に、耐震安全性の向上を目的として反力分散構造(鉛入り積層ゴム支承)を採用するとともに、橋軸直角方向変位制限装置として脚頭部にコンクリート製突起を設け、施工性、経済性の改善を図っている。

主桁の施工は、主桁の構造や架橋地点の地盤条件、気象条件を考慮して、大型移動支保工による段階施工を行った。ここでは、このような本橋の設計・施工上の特徴的な項目について報告する。

2. 工事概要

上部構造は、橋長490.7mの(8+9)径間連続2主桁桁橋である。

下部構造は桁長25.0mの場所打ち杭基礎で、橋脚は高さ10~14mの壁式橋脚である。

支承は、A1, P1がスベリゴム支承、P2~P7, P9~P16が反力分散支承、P8、及びP17については、可動ゴム支承を用いている。

施工は、A1~P2は1径間毎に固定式支保工を用いて行い、P2以降は大型移動支保工による段階施工を行った。

橋梁諸元を表-1に、全体一般図を図-1に示す。

表-1 橋梁諸元

構造型式	PRC(8+9)径間連続2主桁桁橋
橋長	225.400m + 265.300m
桁長	(8径間) 225.000m, (9径間) 265.000m
支間長	19.889m + 30.243m + 29.100m x 5 + 28.350m 28.700m + 29.500m x 7 + 28.850m
有効幅員	10.000m
斜角	(8径間) 左 $\theta=88^{\circ}45'42'' \sim \theta=90^{\circ}00'00''$ (9径間) $\theta=90^{\circ}00'00''$
平面線形	(8径間) A=1000 ~ R=∞, (9径間) R=∞
縦断勾配	0.9842%
横断勾配	(8径間) 2.218% ~ 2.000% (9径間) 2.000%
活荷重	B活荷重

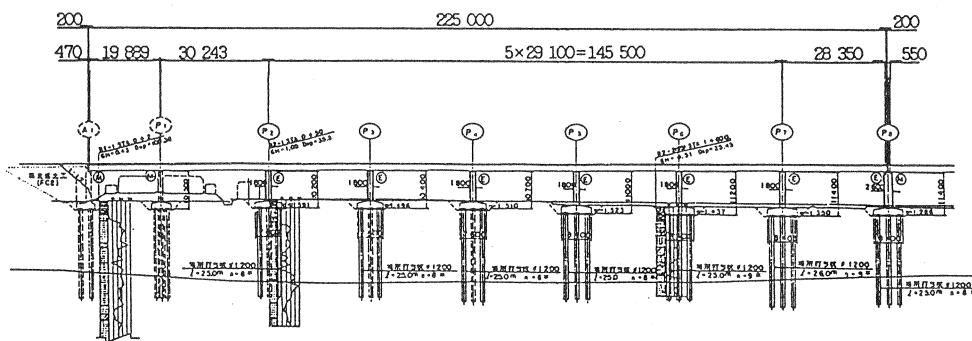


図-1(1) 全体一般図(8径間部)

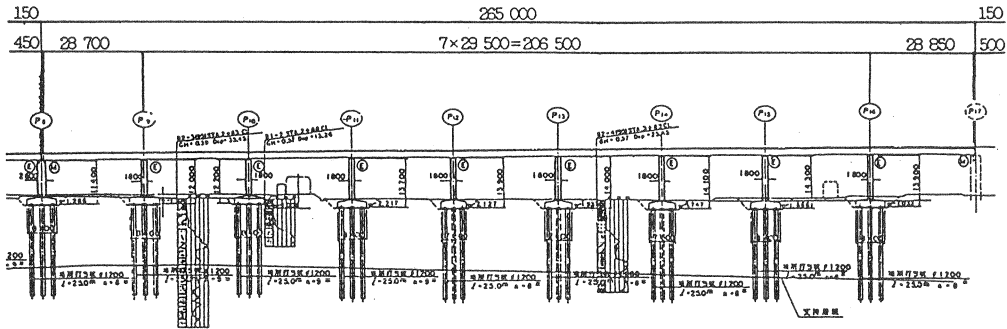


図-1(2) 全体一般図(9径間部)

3. PRC 構造

3-1 主桁の設計

主桁はPRC構造として、「PRC道路橋設計マニュアル」に従って設計荷重作用時、疲労荷重作用時、終局荷重作用時の照査を行った。その際の基本方針は以下の通りとした。

- ① 断面力の解析は、2主桁の格子モデルを用いて行い、曲げモーメント、せん断力、ねじりモーメントを考慮した。
- ② 設計荷重時及び施工時のひび割れの制御方法は、架橋地点が寒冷地であり、融雪剤等の散布も予想されることから下表のように設定した。

表-2 ひび割れの制御方法(主桁)

	主桁上縁	主桁下縁
死荷重時	引張応力度を生じさせない。 $0.0 < \sigma < 125 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	引張応力度の発生は許容するが、ひび割れは発生させない。 $-11.8 < \sigma < 125 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$
設計荷重時	引張応力度の発生は許容するが、ひび割れは発生させない。 $-11.8 < \sigma < 125 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$	ひび割れ幅を許容ひび割れ幅以下とする。 $W_a = 0.005c$ (一般の環境)
施工時	引張応力度の発生は許容するが、ひび割れは発生させない。	$-11.8 < \sigma < 125 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$

- ③ 疲労荷重として、T-T-43荷重一台を考慮し、鉄筋、鋼材の変動応力を照査した。
- ④ PC鋼材は、SWPR7B 12S12.7を1主桁当りの8本配置し、各径間毎に緊張、接続した。
- ⑤ 鉄筋については、施工性等を考慮して最大径をD25、ピッチを最小で100mmとした。

3-2 設計結果

PRC構造は、設計荷重作用時においてひび割れを許容する構造のため、PC構造と比較した場合、PC鋼材の本数が2/3に減少し、鉄筋については10%程度増加している。これらを考慮した主桁制作工費は、PRC構造とした場合の方が約7%有利となる。

図-2に鋼材配置図、表-3にPRC構造とPC構造のPC鋼材本数、及び曲げ応力度の比較表を示す。

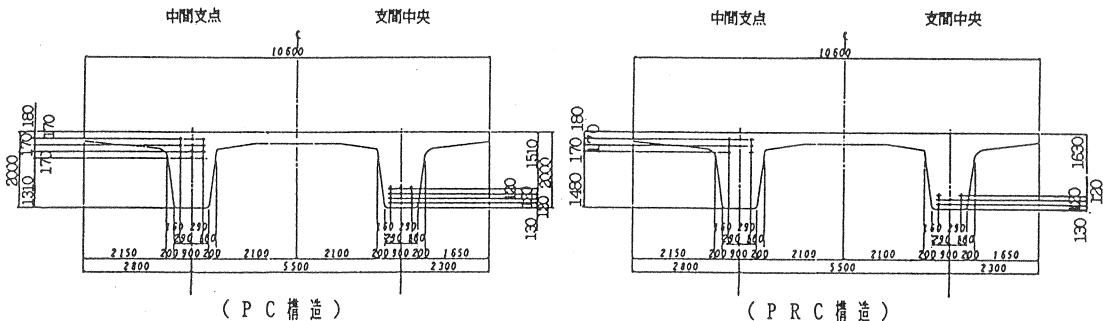


図-2 鋼材配置図

表-3 PRC構造とPC構造の比較(主要点)

		8径間部(A1-P8)		9径間部(P8-P17)		
		支間中央	中間支点	支間中央	中間支点	
曲げ モーメント (tf·m)	死荷重時	105.1	-60.3	107.4	-60.7	
	設計荷重時 max	141.3	-1.3	149.4	-51.6	
	min	78.5	-93.6	99.8	-95.1	
PRC 構造	PC鋼材本数(本)	8	8	8	8	
	合成 応力度 (kgf/cm ²)	死荷重時	28.8 : 3.4	6.6 : 54.7	29.4 : 1.9	7.1 : 53.9
		許容値	0.0 < σ < 125	-11.8 < σ < 125	0.0 < σ < 125	-11.8 < σ < 125
		設計荷重時	46.4 : -33.1	-11.0 : 87.8	49.6 : -39.9	-9.7 : 86.9
		ひび割れ	0.245	-	0.262	-
許容値	$w < w_a = 0.005c$ ひび割れを制御	-11.8 < σ < 125	$w < w_a = 0.005c$ ひび割れを制御	-11.8 < σ < 125		
PC 構造	PC鋼材本数(本)	12	12	12	12	
	合成 応力度 (kgf/cm ²)	死荷重時	22.8 : 33.6	20.6 : 46.9	23.3 : 31.8	20.8 : 45.7
		許容値	0.0 < σ < 125	0.0 < σ < 125	0.0 < σ < 125	0.0 < σ < 125
		設計荷重時	40.3 : -3.0	1.1 : 86.3	43.5 : -10.0	2.1 : 82.4
		許容値	-13.5 < σ < 125	0.0 < σ < 125	-13.5 < σ < 125	0.0 < σ < 125

3-3 床版の設計

床版についても、主桁と同様にPRC構造とし、以下の設計方針に従って設計を行った。

- ① 設計は、支間中央断面と中間支点断面について行う。
- ② 断面力の解析は、上床版を門型ラーメン構造とし、各主桁はその下端で沈下しないように支持されるものと考えて行った。
- ③ 死荷重時、及び設計荷重時の許容応力度は下表のように設定した。
- ④ PC鋼材は、1S21.8を0.700ヒッチで配置した。PC構造とした場合に比べてPC鋼材が約60%減少した。

表-4 ひび割れの制御方法(床版)

	主桁上縁	主桁下縁
死荷重時	引張応力度を生じさせない。 $0.0 < \sigma < 135$ (kgf/cm ²)	引張応力度を生じさせない。 $0.0 < \sigma < 135$ (kgf/cm ²)
設計荷重時	引張応力度の発生は許容するが、ひび割れは発生させない。 $-19.0 < \sigma < 135$ (kgf/cm ²)	引張応力度の発生は許容するが、ひび割れは発生させない。 $-22.0 < \sigma < 135$ (kgf/cm ²)
衝突時	引張応力度の発生は許容するが、ひび割れは発生させない。 $-19.0 < \sigma < 135$ (kgf/cm ²)	引張応力度の発生は許容するが、ひび割れは発生させない。 $-22.0 < \sigma < 135$ (kgf/cm ²)

尚、設計結果は以下の通りである。

表-5 床版の設計結果(主要点)

		張出し床版付け根		中間床版中央	
		支間中央	中間支点	支間中央	中間支点
曲げ モーメント(tf·m)	死荷重時	-5.47	-5.47	-1.66	0.02
	設計荷重時	-12.90	-12.90	3.55	5.22
合成 応力度 (kgf/cm ²)	死荷重時	-10.6	7.6	-10.6	7.6
	許容値	0.0 < σ < 135	0.0 < σ < 135	0.0 < σ < 135	0.0 < σ < 135
	設計荷重時	-11.4	29.6	-11.4	29.6
	許容値	-19.0 < σ < 135	-19.0 < σ < 135	-22.0 < σ < 135	-22.0 < σ < 135

4. 耐震設計

4-1 基本方針

本橋の耐震設計は、平成8年12月改訂の「道路橋示方書 V耐震設計編」に従い、震度法、及び地震時保有水平耐力法により行った。主な項目は、以下の通りである。

- ① 主桁はほぼ等径間の多径間連続桁型式であるため、反力分散構造とし、橋軸方向には弾性支持、橋軸直角方向には固定とした。これは、橋脚型式が壁式橋脚であり、橋軸方向に比べ直角方向の剛性が高いためである。

- ② 架橋地点の地盤種別はⅢ種地盤であるため、構造物の長周期化によって地震力の低減を図るにはかなりの長周期化が必要となる。この場合、上部工の変位が過大となるとともに支承も大規模となり、不経済となる。従って、本橋では、無理に長周期化を図らずに減衰性能の向上によって地震力の低減を図ることとした。
- ③ 支承の種類として、積層ゴム支承(RB)と鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)とを比較し、高い減衰性能を有し、更に経済性の面でも有利となる鉛プラグ入り積層ゴム支承を選定した。表-6に積層ゴム支承と鉛プラグ入り積層ゴム支承の比較を示す。

表-6 支承の比較

		積層ゴム支承		鉛プラグ入り積層ゴム支承		
		A1-P8	P8-P17	A1-P8	P8-P17	
地震時特性	震度法	固有周期 T (sec)	1.27	1.32	1.07	1.21
		等価水平震度 khe	0.26	0.26	0.26	0.26
		移動量 δ (mm)	103.3	112.0	76.4	94.0
		せん断歪み (%)	110.1	109.4	91.0	89.5
	保耐法	固有周期 T (sec)	1.30	1.46	1.32	1.47
		等価水平震度 khe	0.57	0.57	0.40	0.40
		移動量 δ (mm)	240.0	299.1	158.9	193.5
		せん断歪み (%)	225.8	216.3	189.2	184.3
支 承	形 状 (mm)	1000*1000* 96 1000*1000*105	1000*1000*120 1000*1000* 96	1000*1000* 84 1000*1000* 90	1000*1000*105 1000*1000* 84	
経 済 性		1. 2 3		1. 0 0		

4-2 支承の設計、試験

免震支承は、安定した履歴減衰性能を有する鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)を採用した。表-7に設計結果を示す。

表7-設計結果

		P 2			P 9		
死荷重時反力 (tf)		3 7 1 . 6			3 7 7 . 7		
活荷重時反力 (tf)		1 5 5 . 8			1 5 8 . 7		
移動量 (mm)	クリブ・乾燥収縮	2 4 . 6			2 9 . 1		
	温度変化	3 4 . 8			4 1 . 3		
ゴム厚 (mm)		4 x 2 1 = 8 4 . 0			5 x 2 1 = 1 0 5 . 0		
地震レベル		震度法	保耐法 I	保耐法 II	震度法	保耐法 I	保耐法 II
等価剛性 (tf/m)		1973.5	1196.6	948.8	1593.9	965.4	774.3
固有周期(sec)		1.068	1.268	1.324	1.212	1.421	1.474
減衰定数(%)		18.9	16.9	16.9	18.8	17.3	16.2
設計水平震度		0.26	0.34	0.40	0.26	0.34	0.40
支承変位量(mm)		76.4	126.0	158.9	94.0	155.2	193.5
せん断歪み(%)		91.0	150.0	189.2	89.5	147.8	184.3

支承の使用に先立ち、支承の性能試験を行った。試験は、圧縮変形量と等価剛性・等価減衰定数を計測し、設計値との比較を行った。その結果、等価剛性については設計値と計測値の誤差が±10%以内、圧縮変形量、及び等価減衰定数については設計値以上の結果が得られ、問題はなかった。

図-3に支承詳細図を示す。

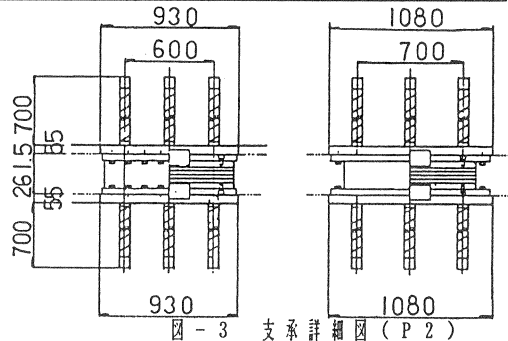


図-3 支承詳細図 (P 2)

4-3 橋軸直角方向変位制限構造の設計

「道路橋示方書 V 耐震設計編」の落橋防止システムの規定に従って、各橋脚に橋軸直角方向変位制限構

造を設けた。変位制限構造として、①アンカーバー、②コンクリート製突起、③鋼製突起、④支承サイドブロックの4タイプについて比較検討を行い、経済性、耐久製及び施工性の観点から②コンクリート製突起を選定した。

コンクリート製突起、及び横桁部に作用する設計地震力は、 $H = 3 \cdot k_h \cdot R_d$ (k_h : 震度法の設計震度、 R_d : 死荷重) を考慮し、コーベル部材として設計した。

横桁と脚頭部コンクリート製突起の間には衝撃緩衝材として、 $t = 50 \text{ mm}$ の緩衝ゴム(クロロブレン系合成ゴム)を設置した。図-4に橋軸直角方向の変位制限構造の構造図を示す。

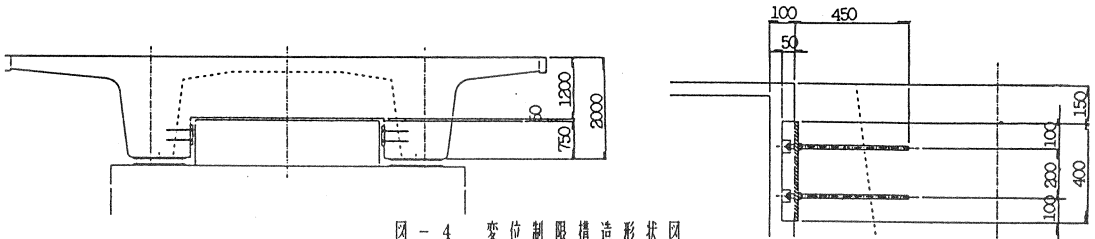


図-4 変位制限構造形状図

5. 上部工の施工

5-1 概要

大型移動支保工は、大規模の多径間橋梁の架設に用いる機械化された設備である。型式は、メインゲーターを橋体の下に据え付けるサポートタイプと橋体上に据え付けるハンガータイプの2タイプがあり本橋では、ハンガータイプの大型移動支保工を使用した。以下に本橋の施工の特徴を挙げる。

- ① 架橋地点が寒冷地であるため、移動支保工全体を鋼板で防護し、型枠下に温風ヒーターの風管を橋軸方向に通すことで移動支保工内の温度を一定に保つようにした。
- ② 本橋は壁式橋脚であるため、型枠は一般的な開閉タイプではなく、1ブロックが2~2.5mの型枠を橋軸方向にボルトで連結するタイプとした。型枠の移動は、移動支保工をジャッキダウンして脱型した後、内蔵のホイストクレーンで吊り下ろし、トラックで次径間まで運搬した。
- ③ 資材の荷揚げと移動支保工内への運搬のために、橋面上に門型クレーンを設置し省力化を図った。

図-5に大型移動支保工の全体図と図-6に施工状況を示す。

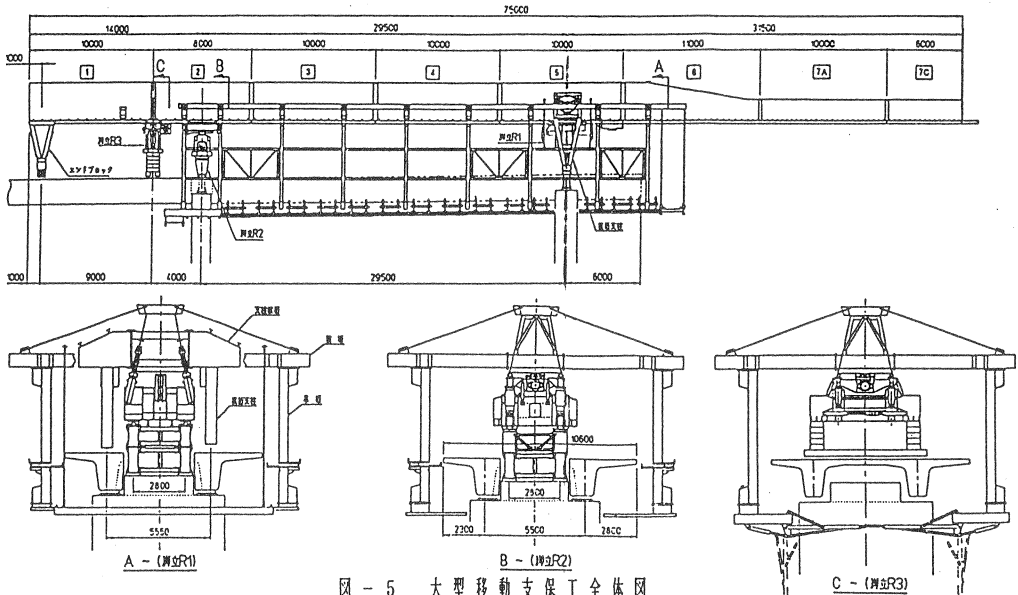


図-5 大型移動支保工全体図

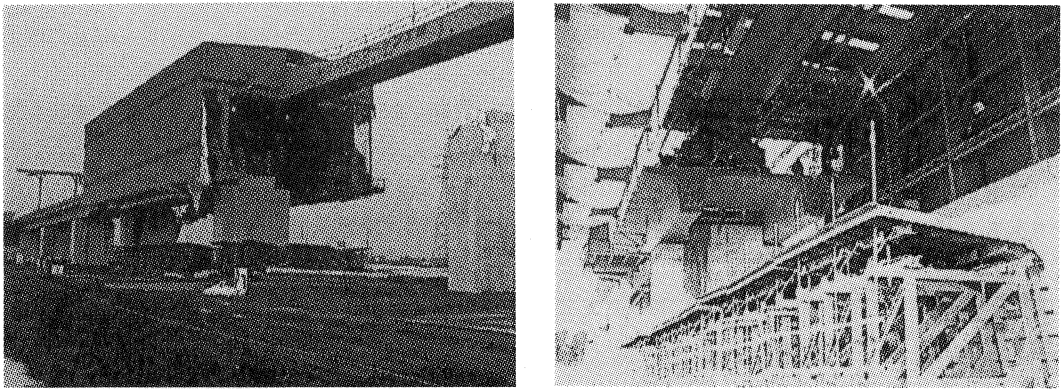


図-6 施工状況

5-2 施工

本橋は、A1～P2間を交差道路の解放時期との関係上、固定式支保工で施工した後、この部分を大型移動支保工の組立ヤードとして利用し、P2～P14間までの12径間を大型移動支保工にて施工を行った。施工は、前方の橋脚と後方の既設部分に設けた床版開口部から脚頭部のコンクリート裂突起に大型移動支保工の脚立を設置して行った(図-5参照)。P8かけ違い部についてはこの突起が無いため脚立の下に台座コンクリートを打設して対処した。

大型移動支保工の移動時には、橋脚以外の位置が反力点となる場合があるため施工時の主桁の検計を行い主桁にひび割れが生じないように制御方法した。

大型移動支保工を用いて施工する場合の主桁の上げ越し管理は、自重、橋面工、プレストレス及びクリップによるたわみの他に、コンクリート打設時のメインガーター、及び横桁のたわみと型枠の吊り綱棒の伸びがかなり大きくなるため(支間中央 δ は30～40mm)、これを考慮して行った。

図-7に本橋の施工サイクルを示す。



図-7 標準施工サイクル

6. おわりに

阿賀野川西高架橋は平成10年6月に大型移動支保工による主桁の施工が終了し、現在橋面工の施工を行っている。

最後に本橋の設計・施工にご協力頂いた関係各位に紙上をお借りして感謝の意を表する次第です。

<参考文献>

道路橋示方書・同解説V耐震設計編
 PRC道路橋設計マニュアル(案)

日本道路協会(平成8年12月)
 (財)高速道路技術センター(平成6年5月)